

äolischer Wüstenstaub auf, der mit steiler Stufe gegen die Flußrinne abfällt und in tiefen Regenrissen zerfurcht ist. Das Längstal der Oued Biskra unterhalb El Kantara ist so bereits im Schutt erstickt, dann bricht der Fluß durch zwei Kalkketten ins 250 bis 200 *m* hohe, mit Steppenstaub erfüllte Becken von El Outaya; aber beide Durchbrüche haben ihre jugendfrische Wildheit eingebüßt, denn sie sind im Schutt vergraben. Ebenso gilt dies vom letzten Durchbruch bei Biskra, wo der Fluß in die Sahara eintritt, er mündet hier in das Depressionsgebiet des Chott Melrir, das offenbar ein Senkungsfeld darstellt.

Die Sahara stellt sich bei Biskra als eine weite, ebene Akkumulationsfläche dar, die sich ganz allmählich von 122 *m* Höhe bei Biskra zur 30 *m* tiefen Depression des Chott Melrir senkt. Sie besteht in der Umgebung von Biskra zum größten Teil aus äolischem Wüstenstaub; es ist eine feine, ungeschichtete Ablagerung von rötlicher Färbung, ein rezenter Löß, der nur in der Nähe der aus dem Gebirge kommenden Flüsse Schotter, und zwar von ziemlich grobem Korn eingebettet enthält. Die äolische Akkumulation dauert auch gegenwärtig fort, sie ist so stark, daß sie über das breite Schotterbett des Oued el Biskra und auch die anderen aus dem Bergland von Aurès kommenden Flüsse emporwächst, so daß diese bereits in diesen rezenten Löß mit allerdings niedrigen, senkrechten Steilufern eingesenkt sind und deshalb ihren groben Schotter nicht über die Ebene ausbreiten können. Die Ausbreitung der Flußsedimente erfolgt, nach der geologischen Karte (Carte géologique de l'Algérie)<sup>1</sup> zu schließen, erst in der zentralen Senke um den Chott Melrir. Das Schottermaterial ist zu grob, als daß man den rezenten Löß von Biskra als fluviatilen Überschwemmungslehm erklären könnte, er müßte in diesem Fall aus Schotter und Sandlagen allmählich hervorgehen und anfangs mit diesen wechsellagern. Tatsächlich tritt aber in den Flußufern der Löß scharf und unvermittelt an das Schotterbett heran.

---

<sup>1</sup> Die Carte géologique de l'Algérie (1:800.000) schreibt dem Löß pleistozänes Alter zu, anscheinend nur deshalb, weil er Löß ist und trennt ihn von den rezenten Alluvien um den Chott herum.

Die heutige orographische Grenze des Atlas gegen die Ebene ist nicht die Grenze der gefalteten Ketten des Atlas, sondern aus der Ebene ragen noch bei Biskra, das 8 *km* vom Gebirgsrande liegt, inselförmige Hügel von aufgerichteten Kalkschichten auf, welche beweisen, daß ein Teil des Gebirges unter der Ebene begraben liegt. Die Akkumulation dringt sichtlich ins Gebirge ein und hat innerhalb desselben die Becken von El Outaya und El Kantara ausgefüllt. Es ist auch hier eine alte Landoberfläche erstickt, ein altes Flußsystem, dessen Talsohle in den alten Durchbrüchen oberhalb von Biskra und El Outaya tiefer lag und dem jedenfalls auch das Gebiet des Chott el Hodna zugehört hat, das durch das Quertal des Oued Salsou ins Becken von Outaya entwässerte. In welchem Verhältnis dieses spätestens eiszeitliche Erosionstal zu den Schottermassen steht, welche terrassenartig den Fuß des Gebirges in der Umgebung von Hammam es Salahine bei Biskra und den Südrand des Berglandes von Aurès begleiten und welche als Reste eines eiszeitlichen Seestandes gedeutet werden könnten, wage ich vorläufig nicht zu entscheiden, da erst die genauere Erforschung und vor allem die Untersuchung der Ostumrandung des Beckens des Chott Melrir hierüber Aufschluß geben könnte, ob hier ein eiszeitlicher Abfluß in der Höhe dieser Terrasse vorhanden war.

Die Erosionsrinne des verschütteten Tales scheint tiefer zu liegen als diese Schottermassen und diese auch noch zu zerschneiden, die Erosion dürfte daher auch nach dem Rückzuge des Sees, falls dieser bestanden hat, noch eine Zeitlang fortgedauert haben. Das Becken des Chott Melrir ist offenbar ein tektonisches Senkungsfeld, das, im Trockengebiet gelegen, sich nicht bis über den Meeresspiegel mit Wasser füllt, sondern nur bis zu der Höhe, wo sich Verdunstung und Zufluß die Wage halten. Deshalb braucht man die tiefe Lage der Erosionsrinne des Oued Biskra-Tales, die dem Meeresniveau nahekommen dürfte, nicht mit Senkungserscheinungen in Zusammenhang bringen, sondern mit einem früheren Zustande, wo die Melrir-depression noch nicht so hoch ausgefüllt war.

Es ergibt sich somit auch auf der saharischen Seite des Atlas dieselbe Aufeinanderfolge einer Erosions- und Akkumu-

lationsepoche. Dies alles ist auch im stande, die jugendlichen Landschaftsformen zu erklären, welche zwischen den alten Formen der Landschaft der constantinischen Chotts und der reifen Landschaft südlich von El Kantara liegen. Im letzteren Gebiete haben wir denselben Vorgang des Erstickens des Gebirges wie im Gebiet der constantinischen Chotts, nur daß er hier von unten her erfolgt. Ihm arbeitet der Vorgang des Erstickens des Quellgebietes oberhalb Mac Mahon entgegen, zwischen beiden liegt aber der Überrest der jugendlichen Landschaft, der noch nicht von der Akkumulation vernichtet und ausgereift wurde. Es ist ein Überrest einer pleistozänen Topographie, die, nach der Jugend der Formen zu schließen, erst in der Eiszeit entstand, die hier erhalten geblieben ist und die auch im ganzen übrigen Berglande von Aurès wegen seines Regenreichtums noch fortlebt und fortleben wird, bis die Höhen des Berglandes erniedrigt und aufgelöst sind. Das ganze Bergland stellt so heute ein Inselbergland vor, das sich später in Inselberge auflösen wird. In diesem Teile des Saharaatlas herrscht deshalb noch Erosion, während sonst überall Akkumulation eingetreten ist. Solche Inselbergländer, die wegen ihrer Höhenlage reichlicheren Niederschlag empfangen, wo infolgedessen die Erosion fortlebt, sind feuchte Inseln innerhalb des Trockengebietes, sie entsprechen den Tellinseln der Vegetation. Man darf sie aus diesem Grunde nicht als charakteristisch für Steppe und Wüste ansehen und von ihnen morphologische Gesetze für Trockengebiete ableiten, da sie vielmehr unausgereifte Relikte und Ausnahmserscheinungen der Morphologie von Trockengebieten sind. Die Wüste und Steppe ist ebenso wie das Waldland und die Alpenzone eine Höhenzonenerscheinung; was über sie emporragt, hat reichlicheren Niederschlag und gehört deshalb nicht zu ihr, sondern stellt eine Insel des feuchten Gebietes dar. Diesen Grundsatz wird man auch für die morphologische Beurteilung der zentralasiatischen Steppen und Wüsten festhalten müssen.

Das Davis'sche Schema der Ausreifung eines Trockengebietes<sup>1</sup> bedarf nach obigem einer Ergänzung. Es besteht

<sup>1</sup> Davis, The geographical cycle in an arid climate. The Geographical Journal, 1906, January, Vol. XXVII, No. 1.

nicht bloß eine Hebung des Erosionsniveaus, welche das Land im Schutt ersticken läßt. Man muß bei der Versteppung eines Gebirges vielmehr zwei Vorgänge unterscheiden, einen dort, wo die Arbeit des fließenden Wassers beginnt, wo somit die Erosion die Denudation ablöst, und einen dort, wo sie endet, wo die Erosion durch die Akkumulation ersetzt wird. Beide Vorgänge arbeiten einander entgegen.

Bei der Versteppung schiebt sich einerseits die Grenze zwischen Denudation und Erosion im Flußtal abwärts und köpft so den Fluß, und andererseits schiebt sich von unten her die Grenze zwischen Akkumulation und Erosion aufwärts und schneidet so die Extremitäten des Flusses ab. Zum Schlusse wachsen beide Vorgänge zusammen und erst dann ist die Ausreifung eines Trockengebietes vollzogen. Der Fluß hat sich in abflußlose Becken aufgelöst.

Dieses Stadium ist beim Chott el Hodna erreicht, beim Oued el Biskra ist es erst halb fertig, im Gebiet der constantinischen Chotts ist nur der erstere Vorgang überhaupt zur Entwicklung gelangt, da der Unterlauf des Flusses nicht versteppt wurde. Diese eben geschilderte morphologische Klassifikation gilt vorläufig nur für die Randgebiete einer Wüste, also für die Steppenzone, wo noch fließendes Wasser alljährlich periodisch tätig ist. Inwieweit sie für die eigentliche Wüste anwendbar ist, ist erst zu untersuchen. In der Wüste tritt der umgestaltende und schuttumsetzende Faktor des fließenden Wassers nur mehr nach seltenen, spärlichen Regengüssen auf; der fluviatile Verschüttungsprozeß der eiszeitlichen Erosionsformen dürfte sich daher hier um vieles langsamer vollziehen als in der Steppe.

Die tote Landschaft der Wüste erfährt eine flächenhafte Abtragung durch den Wind; da aber dieser nur kleine Körner und Staub bewegen kann, ist das Maß der äolischen Abtragung gering.<sup>1</sup> Dies sieht man am Foum es Sahara sehr deutlich. Das

<sup>1</sup> Walther, Das Gesetz der Wüstenbildung, p. 39, spricht an der Hand der chemischen und mechanischen Zerstörungsprozesse im Gestein von der riesengroßen Wirkung der abtragenden Kräfte in der Wüste, aber die chemischen und mechanischen Zerstörungsprozesse am Gestein der Wüste bedeuten noch nicht Abtragung derselben, sondern das mürbe gewordene Gestein bleibt

pleistozäne jugendlich V-förmige Profil der Schlucht ist, obwohl hier stets heftige Windzirkulation herrscht, noch ganz unversehrt, nur die einzelnen Felsen sind zu abenteuerlichen Zacken und Pilzformen ausgeblasen. Die äolische Denudation hat somit hier seit der Eiszeit nur Detailformen niedrigster morphologischer Ordnung geschaffen, sie war dagegen unfähig, die jugendliche Form der pluvialen Schluchten des Oued el Ksour und Oued el Guebli auch nur irgendwie zu verändern. Die eiszeitliche Form wurde hier nicht zerstört, sondern vielmehr durch die Wüste erhalten.

Bezeichnend ist es nun, wie sich die Zerstörungsprodukte der Wüste am Rande derselben gruppieren. Jenseits von Ouargla liegt die breite Zone der Flugsanddünen des Erg, die nahezu geschlossen den Nordsaum der Sahara bildet. Nördlich derselben liegt die Zone rezenter Lößbildung, als welche sich die Umgebung von Biskra darstellt. Der Flugsand liegt somit dem Ursprungsherde näher als der Löß. Diese Gruppierung der äolischen Ablagerungen um das zentrale Zerstörungsgebiet der Sahara erfolgt im nördlichen Teil derselben durch südliche Winde, die in der nördlichen Sahara in der kühleren Jahreszeit keine Seltenheit sind. Sie treten ein, wenn ein an der nordafrikanischen Küste vorbeiziehendes barometrisches Minimum herannaht. Mein Aufenthalt in Biskra im Frühjahr 1904 war gerade günstig für solche Beobachtungen. Bei sinkendem Barometer herrschte trockener heißer Südwind, der die Atmosphäre mit Staub erfüllte, nach dem Vorüberzug des Minimums fiel bei steigendem Barometer ein heftiger kühler Nordwind ein. Während aber an der Küste heftige Regengüsse niedergingen, äußerte sich in Biskra die Zunahme der Feuchtigkeit nur durch leichte Bewölkung. Die Sortierung des Materials erfolgt somit im Nordsaum der Sahara entgegengesetzt der herrschenden Windrichtung des Passats, weil eben nicht so sehr die herr-

---

vielmehr am Platze und schützt die Unterlage. Zum Teil schützt es sich selbst durch die Schutzrinde vor der Abtragung. Verwitterung ist eben nicht identisch mit Abtragung. Wenn Foureau in der Sahara Kamelspuren von 1877 noch 1892 vorfand (p. 54), wenn Wagenspuren sich 11 Jahre in der kalifornischen Wüste frisch erhalten, so spricht das nicht für starke Abtragung. Auch die wunderbar konservierten ägyptischen Baudenkmäler und Inschriften sprechen dagegen.

schende Windrichtung, sondern der Ursprungsherd der äolischen Produkte maßgebend ist. Der Nordostpassat bringt keinen äolischen Schutt herbei, weil er aus dem vegetationsreicheren Gebiet kommt, wohl aber der zeitweise Südwind, der aus dem vegetationsarmen Land ins vegetationsreichere weht, wo der herbeigeschaffte äolische Staub festgehalten wird, so daß ihn der Passat nicht zurückwehen kann. Die festhaltende Wirkung der Vegetation kann man auf der Lößfläche um Biskra sehr gut beobachten, jede Pflanze thront auf einem selbst gebauten Hügel und die ganze Oberfläche ist warzenförmig bedeckt mit diesen Vegetationshügeln. Äolische Ablagerungen sind daher gar nicht beweiskräftig für herrschende Windrichtungen, da unter Umständen die nicht herrschende Windrichtung allein äolisches Material herbeibringen kann. Äolische Ablagerungen beweisen nur für die Nachbarschaft eines wüstenhaften Zerstörungsgebietes.

Auf der Lößfläche südlich von Biskra sind einzelne Flugsanddünen aufgesetzt. Es sind die äußersten nördlichen Vorposten des Erg. Betrachtet man aber die Aufschlüsse längs der Flußeinschnitte, so sieht man nie Flugsand im Löß eingebettet. Es ist dies eine Beobachtung, die man in den quartären Lößgebieten Europas gleichfalls machen kann. Etwas sandigere Partien kommen hier wohl vor, ferner Schotterlagen, die offenbar analog den Schottern des Oued Biskra zur Ablagerung kamen, aber niemals findet man eine Ablagerung, die man direkt als Flugsand ansprechen könnte.

Die Betrachtung der Flugsanddünen erklärt diese auffällige Tatsache. Der Flugsand ist stets nur eine Oberflächenerscheinung, die über die Lößoberfläche rast- und restlos hinweg wandert. Hierbei wirkt die Bewegung der Sandkörner durch den Wind gegenseitig mechanisch zerstörend auf die Körner. Dies ist die Ursache, daß sich die Dünenzone des Erg nach Norden in den einzelnen Vorposten gegen Biskra verliert. Das Ende ist, daß sich die Düne fast gänzlich zu Staub aufreibt. Der Zerreibungsstaub derselben senkt sich mit dem übrigen herbeigewehten Staub, wenn Ruhe in der Atmosphäre eintritt, zu Boden und wird von der spärlichen Vegetation, die die Lößoberfläche im Becken von

Melrir deckt, festgehalten. Deshalb ist der Flugsand in der Zone der Lößablagerung nur eine vorübergehende Erscheinung des Zerstörungsprozesses, die bleibende Ablagerung stellt vielmehr der Löß dar, er ist das geologische Endprodukt der Zerstörungen. Die Vorbedingung der Lößablagerung ist aber die Vegetation, welche den Wüstenstaub festhält, deshalb kann die äolische Akkumulation im großen nur eine Randerscheinung der Wüste sein. Im Zentrum derselben ist äolische Akkumulation nur an windgeschützten Punkten möglich. Hier ist daher die flächenhafte äolische Denudation der vorherrschende morphologische Vorgang. Ihn wird man ausnützen müssen, um die morphologische Grenze von Steppe und Wüste zu ziehen.

Diese Beobachtungen zeigen, daß es dringend notwendig ist, die Umgebung von Biskra zum Gegenstand eingehenderer Untersuchungen zu machen, da hier in nächster und leichtest erreichbarer Nähe von Europa so manches Problem der europäischen Lößfrage zu lösen ist.

Ist der europäische quartäre Löß Europas entstanden durch eine Verschiebung der Klimazonen nach Norden, dann muß in Südeuropa Wüste gewesen sein, und dies könnte das Fehlen des interglazialen Löß<sup>1</sup> im Mittelmeergebiet erklären, denn dort war dann in den Interglazialzeiten Wüstengebiet mit vorherrschender äolischer Denudation und der Löß konnte sich nur an den Rändern dieser Wüste in Mittel- und Osteuropa ablagern, wohin er durch südliche und östliche Winde kam, somit wieder durch Winde, die der herrschenden Windrichtung entgegengesetzt waren. Dies kann uns weiters einen Anhaltspunkt geben, wie die Alpen in den Interglazialzeiten ausgesehen haben müssen. Der Atlas mit seiner Versteppungslandschaft und feuchteren Inselbergländern dürfte im Aussehen dem Landschaftsbild der Alpen in den Interglazialzeiten sehr nahe kommen. Die Alpen bildeten wahrscheinlich ein etwas regenreicheres Steppengebirge mit der Morphologie der Versteppung.

---

<sup>1</sup> Penck, Studien über das Klima Spaniens während der jüngeren Tertiärperiode und der Diluvialperiode. Zeitschr. der Gesellsch. für Erdkunde zu Berlin, XXIX. Bd., 1894, p. 140, sowie Das Klima Europas während der Eiszeit. Naturwissensch. Wochenschr. IV, Nr. 38, p. 597. Penck weist (p. 596 ebenda) dem Löß von Turin postglaziales Alter zu, ebenso dem von Krems.





# Das magnetische Verhalten der Pflanzengewebe

von

**Julius Pauksch.**

Aus dem pflanzenphysiologischen Institute der k. k. Wiener Universität.

(Vorgelegt in der Sitzung am 22. März 1906.)

Bei Wiesner<sup>1</sup> ist die Angabe zu finden, daß die vegetabilische Zellhaut diamagnetisch sei. Eingehendere Studien über das magnetische Verhalten der Pflanzengewebe scheinen nicht gemacht worden zu sein, wenigstens konnte ich mit Ausnahme obiger Angabe Wiesner's und der kurzen Notiz physikalischer Werke,<sup>2</sup> daß Baumblätter und Holz diamagnetisch seien, in der Literatur über diesen Gegenstand nichts finden.

Im Jahre 1892 stellte Herr Hofrat Wiesner selbst mit den dem pflanzenphysiologischen Institute gehörigen Elektromagneten eine Reihe von Versuchen über das magnetische Verhalten einiger Pflanzengewebe an, welche Versuche er jedoch wegen anderer dringender wissenschaftlicher Arbeiten abbrach.

Im Verlaufe meiner Ausführungen komme ich auf diese Versuche noch zurück.

Im Herbste des Jahres 1903 hat mich Herr Hofrat Wiesner mit der Aufgabe betraut, seine Studien über das magnetische Verhalten der Pflanzengewebe fortzusetzen, überhaupt den Gegenstand systematisch zu studieren, und unterstützte mich

<sup>1</sup> Wiesner, Elemente der wissenschaftlichen Botanik, I. Bd. (Wien 1881), und in den späteren Auflagen, zuletzt 1898.

<sup>2</sup> Siehe beispielsweise Wiedemann, Elektrizitätslehre, IV. Bd.

fortwährend bei der Durchführung der Untersuchungen. Einer eingehenden Prüfung empfahl mir Herr Hofrat Wiesner das Verhalten solcher Pflanzengewebe, welche durch einen größeren Gehalt von Eisenverbindungen ausgezeichnet sind. Merkwürdigerweise fand er bei der Untersuchung solcher Gewebe, daß dieselben diamagnetisch sind, und sprach die Vermutung aus, daß in denselben das Eisen in Form einer diamagnetischen Verbindung vorhanden sei.

Die qualitativen Untersuchungen wurden im pflanzenphysiologischen Institute mit obgenannten Elektromagneten, die quantitativen Bestimmungen aber, wo es sich um die Messung der Stärke der Anziehung, beziehungsweise Abstoßung handelte, wurden im Institute für theoretische Physik der Wiener Universität ausgeführt, wobei ich mich der Unterstützung des Assistenten Herrn Dr. Stephan Meyer zu erfreuen hatte, dem ich an dieser Stelle meinen besten Dank ausspreche.

Selbstverständlich wurden bei diesen Untersuchungen alle störenden äußeren Einflüsse, wie Anwendung gedrehter Fäden zum Aufhängen, eiserner Instrumente zum Schneiden der Objekte etc., vermieden.

Ferner sei bemerkt, daß es sich bei meiner Untersuchung nur um die empirische Feststellung des magnetischen Verhaltens der Pflanzengewebe handelte, die physikalisch-theoretische Deutung der festgestellten Tatsachen lag nicht im Plane der Arbeit.

Zur Verfügung stand mir der obgenannte Elektromagnet. Sein Eisenkern ist 408 *mm* lang, 55 *mm* stark, aus bestem Schmiedeeisen gefertigt. Die Bewicklung besteht aus acht Lagen 3 *mm* dicken, gut isolierten Kupferdrahtes; die größte bei diesem Apparat zur Anwendung gekommene Stromstärke betrug 10 Ampère.

Stets wurden die Untersuchungen in der Weise ausgeführt, daß die zu prüfenden Objekte an einem ungedrehten Seidenfaden aufgehängt und dann dem Einfluß der Pole ausgesetzt wurden. Waren sie diamagnetisch, dann stellten sie sich äquatorial ein, nämlich senkrecht auf die Verbindungslinie der Pole, und wurden von jedem der beiden Pole abgestoßen, waren

sie aber paramagnetisch, so stellten sie sich axial und wurden von jedem der beiden Pole angezogen. Paramagnetische Stoffe werden sich, wenn sie zwischen zwei erregten Polspitzen aufgehängt sind, immer axial, d. h. in die Verbindungslinie der Polspitzen, einstellen; aber aus der bloßen axialen Einstellung darf man bei anisotropen Medien noch nicht auf den paramagnetischen Charakter schließen. Ich fand z. B., daß sich ein Teil eines Blattes, ein längliches Stück Hollundermark, bisweilen zwischen beiden Polen axial einstellt, die quantitative Messung jedoch deutlichen Diamagnetismus ergibt. Die axiale Einstellung läßt demnach bei anisotropen Medien nur auf das Vorhandensein verschiedener magnetischer Achsen schließen. Die quantitativen Bestimmungen zur Messung der Abstoßung, beziehungsweise Anziehung wurden nach einer bekannten physikalischen Methode so ausgeführt, daß zwischen beiden Polen eine lange Eprouvette hängt, die an einer empfindlichen eisenfreien Wage so angebracht ist, daß ihr eines Ende in der Mitte des homogenen magnetischen Feldes sich befindet, während das andere Ende außerhalb desselben schwebt.

Wägt man zunächst die Eprouvette ohne Feld, dann im Feld, so ist die Differenz beider Gewichte gleich der Abstoßung oder Anziehung, je nachdem sie im Felde einen scheinbaren Gewichtsverlust oder eine scheinbare Gewichtszunahme erfährt.

Die zu untersuchenden Substanzen werden am besten in fein gepulvertem Zustande in die Eprouvette gegeben und zuerst ohne Feld und dann nach Einschaltung des Stromes im Felde gewogen.

Von der Differenz beider Wägungen muß dann die früher gefundene Abstoßung oder Anziehung des Glases in Abrechnung gebracht werden, um die richtige Maßzahl der Abstoßung oder Anziehung der verwendeten Substanz zu erhalten. Um die Stoffe bezüglich der Stärke der Abstoßung untereinander zu vergleichen, wurde als Vergleichseinheit das chemisch reine Wasser gewählt. Es empfiehlt sich dann, den Versuch in der Weise zu machen, daß von allen Stoffen gleiche Volumina untersucht werden, um ihre Magnetisierungszahlen zu berechnen, und zwar in folgender Weise: Bezeichne ich die Kraft, mit der ein bestimmtes Volumen eines Stoffes angezogen, beziehungsweise

abgestoßen wird, mit  $p$ , so ist  $p = \frac{M^2}{2g} K$ , wobei  $M$  die Feldstärke,  $g$  die Akzeleration der Schwere und  $K$  die Magnetisierungszahl oder Suszeptibilität bedeutet.

Für Wasser ist:

$$p_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{M^2 \cdot K_{\text{H}_2\text{O}}}{2g},$$

daher  $p_{\text{H}_2\text{O}} : p = K_{\text{H}_2\text{O}} : K$ , in welcher Gleichung  $p$ ,  $p_{\text{H}_2\text{O}}$  und  $K_{\text{H}_2\text{O}}$  bekannt sind, daher  $K = \frac{p K_{\text{H}_2\text{O}}}{p_{\text{H}_2\text{O}}}$ .

Der Faktor  $K_{\text{H}_2\text{O}}$ , d. h. Suszeptibilität<sup>1</sup> für Wasser, ist gegeben durch

$$K_{\text{H}_2\text{O}} = -0.69(1 - 0.0016t)10^{-6},$$

wobei  $t$  die jeweilige Temperatur bedeutet, bei welcher der Versuch gemacht wurde, daher die Suszeptibilität des zu untersuchenden Stoffes

$$K_x = - \frac{p_x 0.69(1 - 0.0016t)10^{-6}}{p_{\text{H}_2\text{O}}}.$$

Will ich noch die spezifische Suszeptibilität, d. h. die Suszeptibilität der Masseneinheit wissen, so muß ich obiges  $K_x$  durch die in der Volumeneinheit bei der gegebenen Pulveranordnung vorhandene Masse (scheinbares spezifisches Gewicht der jeweiligen Raumanordnung der Teilchen) der betreffenden Substanz dividieren.

### Magnetisches Verhalten einiger Pflanzenstoffe.

Meine erste Aufgabe war die, eine Anzahl jener Stoffe auf ihr magnetisches Verhalten zu prüfen, die in erster Linie am Aufbau des Pflanzenkörpers beteiligt sind, soweit sie mir zur Verfügung standen und eine Untersuchung zuließen.

<sup>1</sup> Dr. Gustav Jäger und Dr. Stephan Meyer, Untersuchungen über die Magnetisierungszahl des Wassers. Diese Sitzungsberichte, CVIII. Bd. (1899), Abt. IIa, p. 271 ff.

Zunächst untersuchte ich Zellulose,<sup>1</sup> denn sie hat unter allen Pflanzenstoffen neben den Eiweißstoffen vielleicht die weiteste Verbreitung. Chemisch reine Zellulose ist diamagnetisch. Verschiedene Arten der Zellulose, wie Natron- und Sulfitzellulose, reine Baumwolle, wurde in kleinen Stücken zwischen den Polen aufgehängt und, als der Magnetismus erregt wurde, von den Spitzen abgestoßen.

Neben Zellulose wurde noch eine große Zahl anderer Stoffe qualitativ und einzelne auch quantitativ geprüft. Die Resultate dieser Untersuchungen sind in folgender Tabelle zusammengestellt, in welcher bei Kolonne »Gewichtsdifferenz« das negative Vorzeichen Gewichtsverlust im magnetischen Felde, mithin die Stärke des Diamagnetismus bedeutet.

Name des Stoffes	Gewicht der verwendeten Stoffmenge	Gewichtsdifferenzen derselben im Felde
Sulfitzellulose .....	0·638 g	—0·244 g
Baumwolle .....	0·783	—0·016
Weizenstärke .....	3·590	—0·079
Kartoffelstärke .....	3·9	—0·11
Reisstärke .....	4·046	—0·091
Gummi von <i>Prunus avium</i> .....	5·679	—0·045
Gummi arabicum .....	5·198	—0·019
Tragant von <i>Astragalus</i> sp. ....	3·842	—0·019
Harz von der Schwarzföhre .....	7·408	—0·034

Die nachstehend angeführten Stoffe wurden nur qualitativ untersucht. Dieselben wurden durchaus diamagnetisch befunden. Es sind dies die folgenden Stoffe: Weihrauch von *Boswellia Carteri*, Gummigutti, Gummi von *Acacia Verek*, *A. Senegal*, *A. Ehrenbergiana*, Tragant von *Astragalus creticus*, Albumin, Fichtenharz, Lärchenharz, Koniferin, Vanillin, Olivenöl, Rizinusöl, Kakaobutter, Tabaschir, Agar-Agar und Gelatine.

<sup>1</sup> Über das chemische Verhalten derselben siehe Wiesner, Die Rohstoffe des Pflanzenreiches, I. Bd., 2. Auflage, Leipzig 1900.

Zur Bestimmung einiger Magnetisierungszahlen ging ich in der früher angegebenen Weise vor.

Ich fand, daß eine 50 mm hohe Flüssigkeitssäule von destilliertem Wasser bei 15° C. Zimmertemperatur eine Abstoßung von  $p_{\text{H}_2\text{O}} = -0.1 \text{ g}$  erfährt; das Gewicht dieser Menge außerhalb des magnetischen Feldes betrug 7.46 g, mithin das Volumen rund<sup>1</sup> 7.46 cm<sup>3</sup>; das gleiche Volumen Stärke (C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>) in der Eprouvette, gleichfalls eine Säule von 50 mm Höhe einnehmend, erfuhr eine Abstoßung  $p_{\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5} = -0.12 \text{ g}$

$$\begin{aligned} K_{\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5} &= \frac{(-0.12)(-0.69)(-1-0.0016.15)10^{-6}}{-0.1} = \\ &= -\frac{0.12}{0.1} \cdot 0.6734 \cdot 10^{-6} = 0.000000808128 = \\ &= -0.81 \cdot 10^{-6} \end{aligned}$$

$$K_{\text{H}_2\text{O}} = -0.67 \cdot 10^{-6}$$

Die spezifische Suszeptibilität beträgt daher

$$\frac{0.81 \cdot 10^{-6}}{\text{spezifisches Gewicht}}$$

Das scheinbare spezifische Gewicht läßt sich berechnen, da die Menge Substanz abgewogen wurde.

$$\text{Ist diese Menge} = M, \text{ so ist die scheinbare Dichte} = \frac{m}{7.46}$$

$$\text{und daraus die spezifische Suszeptibilität} = -\frac{0.81 \cdot 7.46}{m} 10^{-6}.$$

### Über das magnetische Verhalten des Holzes.

Unter den Daten, welche mir Herr Hofrat Wiesner zur Verfügung stellte, befanden sich auch einige auf Holz bezugnehmende.

Ich bemerke gleich, daß in den Versuchen das Holz diamagnetisch befunden wurde.

Auch meine auf ein viel größeres Material ausgedehnten Untersuchungen ergaben übereinstimmend Diamagnetismus,

<sup>1</sup> Dichte des Wassers bei 4° C. = 1.0000, bei 15° C. = 0.999132.

allerdings mit der Beschränkung, daß die Stärke des letzteren in verschiedener Orientierung des Objektes verschieden ist.

Wenn es sich darum handelt, das magnetische Verhalten des Holzes quantitativ zu bestimmen, ist es am zweckmäßigsten, dasselbe in Form von Holzmehl in eine Eprouvette zu geben und in der bereits früher angegebenen Weise zu wägen.

Bei meinen Versuchen füllte ich die Eprouvette stets bis zu einer Höhe von 40 mm an und fand bei einer Anzahl von Holzarten folgende Resultate:

Art des Holzes	I	II	III	IV
	$m =$ Gewicht	$p =$ Stärke der Ab- stoßung	$V =$ Volumen	Magneti- sierungszahl, bezogen auf die Massen- einheit <sup>1</sup>
<i>Fraxinus excelsior</i> . . . . .	1·101 g	0·018 g	5·96 cm <sup>3</sup>	0·65·10 <sup>-6</sup>
<i>Carpinus betulus</i> . . . . .	1·4	0·016	»	0·45·10 <sup>-6</sup>
<i>Aesculus Hippocastanum</i> . . . . .	1·6	0·015	»	0·37·10 <sup>-6</sup>
<i>Cytisus Laburnum</i> . . . . .	1·12	0·016	»	0·56·10 <sup>-6</sup>
<i>Acer campestre</i> . . . . .	1·53	0·021	»	0·77·10 <sup>-6</sup>
» <i>platanoides</i> . . . . .	1·13	0·019	»	0·65·10 <sup>-6</sup>
<i>Prunus avium</i> . . . . .	1·311	0·016	»	0·48·10 <sup>-6</sup>
» <i>Mahaleb</i> . . . . .	0·99	0·019	»	0·71·10 <sup>-6</sup>
<i>Pinus montana</i> . . . . .	1·81	0·016	»	0·29·10 <sup>-6</sup>
<i>Abies pectinata</i> . . . . .	1·66	0·018	»	0·43·10 <sup>-6</sup>
<i>Larix europaea</i> . . . . .	1·7	0·012	»	0·27·10 <sup>-6</sup>
<i>Syringa vulgaris</i> . . . . .	1·41	0·015	»	0·42·10 <sup>-6</sup>
<i>Quercus</i> sp. . . . .	1·81	0·019	»	0·41·10 <sup>-6</sup>
<i>Tilia parvifolia</i> . . . . .	1·1	0·015	»	0·54·10 <sup>-6</sup>

Die in Kolonne II angeführten Zahlen, welche die Stärke der Abstoßung der verwendeten Masse bedeuten, sind natürlich sehr variable Größen, denn sie hängen allzu sehr von der

<sup>1</sup> Abgekürzt auf zwei Dezimalen.

zufälligen, mehr oder minder lockeren Raumanordnung (d. i. scheinbaren Dichte) des eingefüllten Holzmehls ab.

Sie werden aber brauchbar, wenn ich spezifische Magnetismen, d. h. die Magnetisierungszahlen bezogen auf die Masseneinheit, bestimmen will. Zu diesem Zwecke brauche ich nur mit Hilfe der früher angegebenen Formel  $K$ , d. i. die Magnetisierungszahl der jeweiligen Menge, berechnen und durch das Gewicht der Substanz dividieren und mit dem Gewicht des 40 mm hoch eingefüllten Wassers multiplizieren. Mithin

$$K = \frac{p_{\text{H}_2\text{O}} K_{\text{H}_2\text{O}}}{p_{\text{H}_2\text{O}}} \cdot \frac{V}{m}$$

$$p_{\text{H}_2\text{O}} = 0 \cdot 1001 \text{ g.}$$

Neben den obgenannten Holzarten untersuchte ich noch eine Anzahl anderer, die ich, ohne die früher beschriebene Wägung auszuführen, bloß auf ihr Verhalten zwischen den zwei Polspitzen prüfte.

So untersuchte ich noch Holz von *Juglans regia*, *Evonymus europaeus*, *Sambucus nigra*, *Betula alba*, *Platanus orientalis*, *Pirus communis*, *P. malus*, *Lonicera* sp., *Caragana pendula*, *Rhus typhina*, *R. cotinus*, *Viburnum Opulus*, *Nerium oleander*, *Ligustrum vulgare*, *Eleagnus* sp., *Rhododendron hirsutum*, *Cornus mas*, *C. sanguinea*, *Ulmus campestris*, *Buxus sempervirens*, *Robinia pseudacacia*.

Sämtliche von mir untersuchten Holzarten waren diamagnetisch. Schon bei früherer Gelegenheit habe ich hervorgehoben, daß ein und dasselbe Gewebe bei verschiedener Orientierung verschieden starken Diamagnetismus zeigt. Die weitere Ausführung dieser Tatsache, welche mit dem Vorhandensein magnetischer Achsen zusammenhängt, ist einem späteren Abschnitt dieser Abhandlung vorbehalten.

### Verhalten der Blätter.

Nicht so einfach wie das Verhalten der Hölzer war das der Blätter. Auch sie zeigten vorwiegend diamagnetischen Charakter, einzelne jedoch wurden bei gewisser Orientierung deutlich angezogen. Auch fand ich, daß das Verhalten frischer



und toter Blätter in manchen Fällen voneinander verschieden, ja gerade entgegengesetzt ist. Zum Zwecke der Untersuchung schnitt ich größere Blätter in Scheiben von 2 bis 3  $\text{cm}^2$  Größe, die ich dann an einem Kokonfaden in drei verschiedenen Richtungen aufhing, nämlich so, daß ihre durch den Hauptnerv gegebene Achse 1. axial, 2. äquatorial, 3. vertikal gerichtet war.

Ich untersuchte zunächst frische grüne Blätter und fand, daß sie zwar vorwiegend, aber doch nicht durchwegs diamagnetisch waren. Unter etwa hundert von mir untersuchten Blattarten fand ich folgende in jeder Lage diamagnetisch:

*Rosa* (verschiedene Spezies), *Solanum tuberosum*, *Sedum telephium*, *Tropaeolum maius*, *Aralia Sieboldi*, *Aesculus Hippocastanum*, *Cheiranthus cheiri*, *Pinus montana*, *Evonymus europaeus*, *E. japonicus*, *Buxus sempervirens*, *Citrus media*, *C. aurantium*, *Robinia pseudacacia*, *Syringa vulgaris*, *Arum maculatum*, *Echeveria glauca*, *Acer platanoides*, *A. pseudoplatanus*, *A. campestre*, *Ailanthus glandulosa*, *Ligustrum vulgare*, *Berberis vulgaris*, *Pirus communis*, *Juglans regia*, *Iris pumila*; *Orchis* (verschiedene Spezies) und zahlreiche andere.

Gleichfalls diamagnetisch in jeder Lage waren die Phyllocladien von *Ruscus aculeatus* und *Muehlenbeckia* sp.

Bei einer kleinen Zahl von Blättern machte ich die Wahrnehmung, daß sie dann, wenn ihre Hauptachse im magnetischen Felde axial gerichtet war, von jedem Pole angezogen wurden. Diese Erscheinung fand ich bei älteren Blättern von *Cytisus Laburnum*, bei *Plantago major* und bei *Chelidonium majus*. Ich untersuchte die meisten angeführten Blattarten in verschiedenen Entwicklungsstufen, konnte aber diesbezüglich keine Verschiedenheiten wahrnehmen. Anders jedoch verhielten sich lufttrockene Blätter. Sie waren bisweilen im Gegensatz zu den frischen paramagnetisch.<sup>1</sup> Ich untersuchte vergleichsweise normale und etiolierte Blätter, und zwar von *Zea*, *Helianthus*, *Pisum*, *Solanum*, konnte aber ein abweichendes Verhalten der grünen von den etiolierten Blättern nicht feststellen.

<sup>1</sup> Siehe folgendes Kapitel, betreffend den Einfluß des Wassergehaltes auf das magnetische Verhalten der Gewebe.

### Grundgewebe.

Von dieser Gewebeart habe ich nur einige Markarten untersucht. Mark von *Sambucus* zeigte im frischen Zustande deutliche Abstoßung, im trockenen Zustande aber ziemlich starke Anziehung. Dasselbe Verhalten fand ich beim Marke von *Helianthus annuus*. Das von *Chenopodium album* aber war im frischen wie im trockenen Zustande paramagnetisch.

### Hautgewebe.

Ich verwendete zunächst die Oberhaut von *Allium Cepa*, *A. Porrum* und *Echeveria glauca*. Dabei fand ich, daß alle von mir untersuchten Stücke dieser Oberhäute, die sich durch einfaches Abschälen leicht erhalten lassen, stark paramagnetisch waren, denn sie wurden von jedem Pole deutlich angezogen. Desgleichen fand ich paramagnetisch eine Anzahl von Peridermgeweben, so z. B. von *Betula verrucosa*, *Syringa vulgaris*, *Citrus Laburnum*, *Aesculus Hippocastanum*, *Ampelopsis hederacea*, *Rubus Idaeus*.

Dagegen war das Periderm von *Caragana arborea* (var. *pendula*), das von *Platanus orientalis*, *Prunus avium*, *P. Mahaleb* und *Juglans regia* diamagnetisch.

Auch den gewöhnlichen Kork fand ich diamagnetisch.

### Sklerenchymgewebe.<sup>1</sup>

Behufs Untersuchung dieser Gewebe verwendete ich die im nachstehenden angeführten Steinschalen von Samen und Früchten. Die zu prüfenden Objekte wurden teils in kleinen Stücken zwischen den Polen aufgehängt, teils zu einem feinen Pulver zerstoßen, um den Grad der Abstoßung in der eingangs angegebenen Weise ermitteln zu können.

Alle untersuchten Sklerenchymgewebe waren stark diamagnetisch. Ich fand z. B., daß  $7.46 \text{ cm}^3$  pulverisierter Steinschalen, die in der von mir verwendeten Epruvette eine Höhe von  $50 \text{ mm}$  einnahmen, folgende Werte ergaben:

---

<sup>1</sup> Sklerenchym im Sinne von Mettenius, Wiesner, Haberlandt, also nicht nach de Bary.

Steinschalen von	Stärke der Abstoßung		
<i>Juglans regia</i> . . . . .	7·46 cm <sup>3</sup>	50 mm Höhe	0·046 g
<i>Corylus avellana</i> . . . . .	»	»	0·019
<i>Amygdalus communis</i> . . . . .	»	»	0·042
<i>Prunus armeniaca</i> . . . . .	»	»	0·064
<i>Bertholletia excelsa</i> . . . . .	»	»	0·035

Um Stranggewebe zu untersuchen, wurden aus größeren Blättern, wie *Aralia Sieboldi*, *Ficus elastica*, *Aesculus Hippocastanum*, *Fagus silvatica*, *Sambucus nigra*, *Ailanthus glandulosa*, *Acer campestre*, *Platanus orientalis*, *Juglans regia* u. a., die Nerven herauspräpariert und in kleinen Stücken aufgehängt; sie zeigten durchwegs Abstoßung.

Ich teile hier noch die Resultate mit, welche Herr Hofrat Wiesner bei seinen 1892 begonnenen Versuchen, betreffend das magnetische Verhalten der Pflanzengewebe erhielt, und die er mir gütigst zur Verfügung stellte.

1. <i>Laminaria</i> . . . . .	trockenes Lager	diamagnetisch
2. <i>Fucus vesiculosus</i> . . . . .	»	»
3. <i>Chondrus crispus</i> . . . . .	»	»
4. <i>Macrocystis pyrifera</i> . . . . .	»	»
5. <i>Polyporus sulfureus</i> . . . . .	trockener Fruchtkörper	»
6. <i>Polyporus officinalis</i> . . . . .	trockenes Lager	»
7. <i>Secale cornutum</i> . . . . .	trocken	»
8. Hefe . . . . .	frisch	»
9. Hefe . . . . .	trocken	»

Auch mit der Untersuchung des magnetischen Verhaltens von Hölzern hat sich Herr Hofrat Wiesner beschäftigt. Zu diesem Zwecke schnitt er die Objekte in kleine Würfel, um die Orientierung der Fasern berücksichtigen zu können.

Seine Beobachtungen waren folgende:

Holz von	Fasern	
<i>Ailanthus glandulosa</i> . . . . .	axial	diamagnetisch
<i>Tilia parvifolia</i> . . . . .	äquatorial	»
<i>Fagus silvatica</i> . . . . .	axial	»
<i>Abies pectinata</i> . . . . .	äquatorial	»

Holz von	Fasern	
<i>Abies pectinata</i> . . . . .	axial	diamagnetisch
<i>Fagus silvatica</i> . . . . .	äquatorial	»
<i>Acer</i> sp. . . . .	axial	»
» » . . . . .	äquatorial	»

Unter den übrigen Geweben und Gewebekomplexen, welche ich noch untersuchte, zeigten nur wenige noch Paramagnetismus. Angezogen wurde Parenchym aus den breiten Schoten von *Lunaria biennis* und rote Zwiebelschalen von *Allium Cepa*. Dagegen fand ich diamagnetisch alle von mir untersuchten Blumenblätter und fleischigen Wurzeln, Schuppen verschiedener Koniferenzapfen, Samenschalen von *Pisum sativum*, *Phaseolus multiflorus* u. a. Sämtliche untersuchte Samen von *Pisum sativum*, *Phaseolus multiflorus*, *Phoenix dactylifera*, *Eryobotria japonica*, ferner Getreidekörner waren diamagnetisch. Bei Samen wurden die Samenhaut und die Kotyledonen einzeln untersucht, aber auch der Samen in toto; die Fasern<sup>1</sup> von *Linum usitatissimum*, *Corchorus capsularis* und *Cannabis sativa* habe ich paramagnetisch gefunden. Aber auch jene trockenen Fasern, die ich mir aus den Stengeln von *Linum usitatissimum* und *Cannabis sativa* herauspräparierte, waren paramagnetisch.

### Einfluß des Wassergehaltes auf das magnetische Verhalten der Pflanzengewebe.

Schon oben habe ich darauf hingewiesen, daß der Wassergehalt das magnetische Verhalten der Gewebe beeinflusst. Zufällig beobachtete ich an einem halbvertrockneten Blatte von *Scilla armoracia*, daß der grüne, frische Teil stark diamagnetisch war, während der andere, welke und bereits gelb gewordene Teil entschieden vom Magnetpol angezogen wurde. Dieses entgegengesetzte Verhalten derselben Blätter konnte wohl nur in dem verschiedenen Wassergehalt des Objektes seinen Grund haben. Meine Vermutung wurde auch durch die

<sup>1</sup> Durchwegs verkäufliche Handelsware.

zahlreichen über diesen Gegenstand angestellten Versuche bestätigt. Ich untersuchte zunächst eine Reihe von Blättern im frischen Zustand und ließ dieselben Blätter, deren Verhalten ich eben als diamagnetisch festgestellt hatte, lufttrocken werden, teils machte ich sie im Heißluftbade bei  $110^{\circ}$  C. vollständig trocken. Bei den Blättern mancher Pflanzen konstatierte ich, daß sie im welken oder auch bisweilen erst im lufttrockenen Zustand eine merkliche Anziehung erkennen ließen. Andere Blätter dagegen, welche im frischen Zustande stark abgestoßen wurden, erfuhren im trockenen Zustande eine bedeutend schwächere Abstoßung. Dies war z. B. bei den Blättern von *Aesculus Hippocastanum*, *Juglans regia*, *Orchis* sp., *Aralia Sieboldi*, *Lilium Martagon*, *Iris pumila*, *Pirus* sp. und zahlreichen anderen der Fall, während trockene Blätter von *Sedum telephium*, *Scilla armoracia*, *Cheiranthus cheiri*, *Syringa vulgaris*, *Robinia pseudacacia* eine schwache Anziehung erfuhren.

Zur genaueren Feststellung dieser Tatsache ging ich in folgender Weise vor. Ich nahm eine bestimmte Menge fein zerteilter Spinatblätter (es waren  $5 \cdot 103$  g) und bestimmte wie früher die Stärke ihrer Abstoßung, welche  $0 \cdot 078$  g betrug. Dann trocknete ich diese zerkleinerten Blätter vollständig im Heißluftbade bei  $110^{\circ}$  C. Dabei verlor die Masse  $2 \cdot 232$  g Wasser, was etwa  $43\%$  gleichkommt. Die übriggebliebene Masse Spinatblätter, welche im getrockneten Zustande  $2 \cdot 871$  g wog, wurde bei gleicher Feld- und Stromstärke wie früher nur mit einer Stärke von  $0 \cdot 016$  g abgestoßen. Die Differenz zwischen  $0 \cdot 078$  und  $0 \cdot 016$  ( $= 0 \cdot 062$ ) ist demnach gleich der Abstoßung des in den Blättern enthaltenen gewesenen liquiden Wassers. Bei einem Blatte von *Aralia Sieboldi*, dessen Wassergehalt  $72\%$  betrug, fand ich die Abstoßung im lufttrockenen Zustande halb so groß als im frischen.

Infolge des großen Einflusses, den der Wassergehalt auf das magnetische Verhalten ausübt, ist es erklärlich, warum die gleichen Gewebe bisweilen kein einheitliches Verhalten zeigen, und es wird daher nicht wundernehmen, wenn Gewebe, die ich in meiner Abhandlung als paramagnetisch bezeichnet habe, sich bei anderen Versuchen als diamagnetisch erweisen.

So habe ich selbst bei Hollundermark, das ich als paramagnetisch angegeben habe, im Verlauf meiner Beobachtung Stücke gefunden, die im Gegensatz zu den früheren entschieden diamagnetisch waren.

Ich unterzog nun einige diamagnetische Hollundermarkstücke einer genauen Messung der Intensität des Magnetismus. Dabei fand ich, daß nach erfolgter Trocknung immer Paramagnetismus auftrat. So wogen z. B.  $2 \cdot 563$  g frisches Hollundermark im magnetischen Felde nur  $2 \cdot 479$  g. Nach erfolgter Trocknung aber betrug das Gewicht derselben Masse im magnetischen Felde  $2 \cdot 597$  g, daher eine Anziehung von  $0 \cdot 034$  g, und zwar trotz ziemlich bedeutenden Wasserverlustes, der etwa  $10\%$  betrug.

### **Einfluß der Zell- und Gewebestruktur auf das magnetische Verhalten vegetabilischer Gewebe.**

An verschiedenen pflanzlichen Objekten, wie an einzelnen Stücken Hollundermark, Holzfasern, Blattrippen, ferner an einigen Blattarten habe ich die Beobachtung gemacht, daß die zwischen beiden erregten Polen hängenden Objekte sich mit ziemlicher Heftigkeit in die äquatoriale Lage einstellen, während die Abstoßung von einem einzigen erregten Pole sehr gering, bisweilen unmerklich war. Ich fand auch, daß ein  $3$  cm langes Stück Hollundermark sich zwischen beiden Polen axial einstellte, woraus ich natürlich zuerst auf paramagnetische Eigenschaften schloß.

Als ich unmittelbar darauf dasselbe Stück einer genauen Messung bezüglich der magnetischen Stärke unterzog, fand ich im erregten Magnetfeld eine Abstoßung (Gewichtsdifferenz) von  $0 \cdot 046$  g.

Ebenso auffallend war auch das Verhalten eines Blattes von *Plantago major*. Ein etwa  $2$  cm<sup>2</sup> großes Stück davon wurde so zwischen beiden Polen aufgehängt, daß die Längsachse des Blattes horizontal gerichtet war. Im erregten Felde stellte es sich axial ein, so daß die Blattfläche in die Vertikalebene der beiden Pole zu liegen kam. Als aber dasselbe Stück

nur einem einzigen Pole ausgesetzt wurde, erfuhr es eine deutliche Abstoßung

Diese Erscheinungen führten mich zunächst zur Überzeugung, daß man hier aus der bloßen axialen Einstellung noch nicht auf paramagnetischen Charakter schließen darf, was der oben angeführte Versuch mit Hollundermark tatsächlich beweist.

Da wir es bei pflanzlichen Zellen und Geweben mit organisierten Gebilden zu tun haben, so schloß ich auf das Vorhandensein verschiedenwertiger magnetischer Achsen.

Durch genaue Versuche fand ich diese Ansicht bestätigt. Die Versuche machte ich in folgender Weise: Ich ließ aus mehreren Holzarten, wie *Aesculus Hippocastanum*, *Acer* und *Pinus*, je zwei ganz gleich große Zylinder, deren spezifisches Gewicht fast gleich war, so herstellen, daß bei je einem Zylinder die Fasern parallel zur Längsachse desselben liefen, beim zweiten aber normal zu ihr waren.

Ich gab nun jeden dieser Zylinder, deren Länge 45 mm und deren Durchmesser des Querschnittes 12 mm betrug, in eine Eprouvette, deren Abstoßung ich vorher in eingangs erwähnter Weise ermittelt hatte, und bestimmte die Größe der Abstoßung. Auf diese Art erhielt ich bei *Acer* folgende Resultate: Jener Zylinder, dessen Fasern mit ihrer Längsachse vertikal standen, erfuhr eine Abstoßung in der Stärke von 0·040 g, jener aber, dessen Fasern im magnetischen Felde quer gerichtet waren, erfuhr eine Abstoßung von nur 0·019 g. Diese Zahlen ergeben, daß die Längsachse der Zellen, welche im ersten Falle der Einwirkung des Magnetfeldes ausgesetzt war, etwa doppelt so stark diamagnetisch war als die Querachse. Bei den Zylindern von *Pinus* ergab die Messung folgende Resultate: Längsachse 0·009 g, Querachse 0·003 g; bei den Zylindern von *Aesculus Hippocastanum* fand ich die Längsachse diamagnetisch mit 0·031 g, die Querachse 0·018 g. Die großen Differenzen zwischen je zwei Zahlen geben trotz des angenähert gleichen spezifischen Gewichtes (je zwei Zylinder derselben Art waren aus demselben Stammstück hergestellt) ein deutliches Bild von der Verschiedenartigkeit der magnetischen Längsachse und der Querachse in der Zelle. Es muß aber eingeräumt werden, daß